



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 195 11 603 A 1

51 Int. Cl.⁶:
B 01 F 5/00
B 01 F 15/00

21 Aktenzeichen: 195 11 603.8
22 Anmeldetag: 30. 3. 95
23 Offenlegungstag: 2. 10. 96



DE 195 11 603 A 1

71 Anmelder:

Schwesinger, Norbert, Dr.-Ing., 98693 Ilmenau, DE;
Frank, Thomas, Dipl.-Ing. (FH), 30629 Hannover, DE

74 Vertreter:

Pöhner, Liedtke & Partner, Dr., 99094 Erfurt

72 Erfinder:

gleich Anmelder

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

FR	21 90 505
US	38 81 701
US	33 82 534
EP	04 95 189 A1

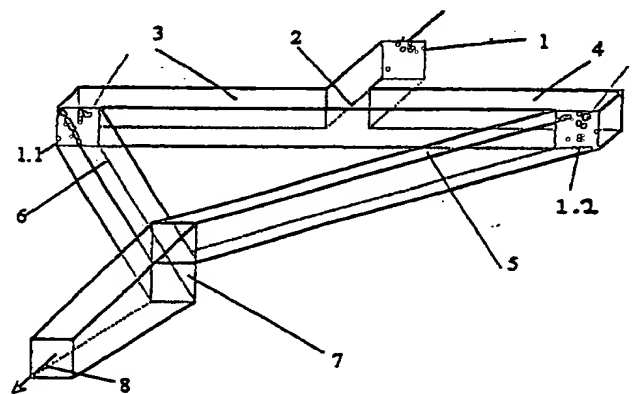
54 Vorrichtung zum Mischen kleiner Flüssigkeitsmengen

57 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung anzugeben, die bereits sehr kleine Flüssigkeitsmengen mit hoher Effizienz homogenisieren kann und die einfach herstellbar ist.

Die Lösung der Aufgabe gelingt dadurch, daß

- die Vorrichtung aus mindestens einem Mischelement besteht, das mindestens einen Einlaßkanal und mindestens einen Auslaßkanal aufweist,
- von dem Einlaßkanal mindestens zwei Mikrokanäle ausgehen, wobei alle abgehenden Kanäle in einer Verzweigungsebene liegen,
- die Mikrokanäle einem Zusammenflusselement zugeführt werden, wobei der Zufluß in einer Ebene erfolgt, die gegenüber der Verzweigungsebene um 90° verdreht angeordnet ist und
- das Mischelement in der planaren Oberfläche eines Substrates angeordnet ist, wobei die planare Oberfläche des Substrates mit einer Abdeckung hermetisch dicht verschlossen ist.

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Mischen von Flüssigkeiten, bei der das Mischen beim Durchströmen der zu vermischenden Flüssigkeiten durch enge Kanäle erfolgt.



DE 195 11 603 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 08. 96 602 040/285

15/25

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Mischen von Flüssigkeiten, bei der das Mischen beim Durchströmen der zu vermischenden Flüssigkeiten durch enge Kanäle erfolgt.

Vorrichtungen zum Mischen von Flüssigkeiten sind im Stand der Technik in Form von statischen und dynamischen Mischern bekannt.

Statische Mischer bestehen meist aus Rohrsystemen mit festen Einbauten. Durch die Nutzung der kinetischen Energie einer strömenden Flüssigkeit, wird diese nach einem bestimmten Fließweg homogenisiert. Dynamische Mischer besitzen rotierende Mischwerkzeuge. Diese bringen die Mischenergie in das Mischgut und bewirken die Homogenisierung. Wegen der Größe der Ausrüstungen sind derartige Mischer nur für große Flüssigkeitsmengen einsetzbar. Die entstehenden End- oder Zwischenprodukte werden häufig jedoch nicht in dieser Menge benötigt.

Durch extreme Verkleinerung der Reaktionsumgebung wurde versucht Anordnungen zu schaffen, die ein Mischen bei geringem Materialeinsatz ermöglichen. Solche Mischer arbeiten als statische Mischer zum homogenen Vermischen kleiner Flüssigkeitsmengen nach dem Prinzip der Diffusion von Flüssigkeitsteilchen. In Proceedings μ -TAS; Enschede 1994; Seite 142–151; ISBN 0-7923-3217-2 ist eine Vorrichtung beschrieben, bei der die Flüssigkeiten durch enge Kanäle fließen und sich nach entsprechend langen Strömungswegen durch Diffusion vermischen. Als nachteilig erweisen sich bei diesen Anordnungen der hohe Druckverlust und der geringe Wirkungsgrad.

Eine weitere Bauart statischer Mischer ist in Proceedings μ -TAS; Enschede 1994; Seite 79 beschrieben. Diese Anordnung weist eine Vielzahl von Düsen auf, durch die die zu vermischenden Flüssigkeiten ineinander gepreßt werden. Auch bei diesen Ausführungen sind der hohe Druckverlust und der geringe Wirkungsgrad nachteilig.

Es sind ferner Mischer bekannt, die eine komplizierte Form der Kanäle aufweisen und bei denen durch Einbauten eine Drehung und damit eine Vermischung der Flüssigkeit bewirkt werden soll, wobei nachteiligerweise nach jedem Mischelement eine Aufteilung der Flüssigkeit erfolgt und nach dem Folgeelement die Aufteilung wieder zu einer mechanischen Entmischung der Flüssigkeit führt. (Proceedings μ -TAS; Enschede 1994; Seite 237–243). Die bekannten Mischer für kleine Flüssigkeitsmengen sind entweder sehr kompliziert aufgebaut oder sie haben einen sehr geringen Wirkungsgrad.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung anzugeben, die bereits sehr kleine Flüssigkeitsmengen mit hoher Effizienz homogenisieren kann und die einfach herstellbar ist.

Erfindungsgemäß gelingt die Lösung der Aufgabe dadurch, daß

- die Vorrichtung aus mindestens einem Mischelement besteht, das mindestens einen Einlaßkanal und mindestens einen Auslaßkanal aufweist,
- von dem Einlaßkanal mindestens zwei Mikrokanäle ausgehen, wobei alle abgehenden Kanäle in einer Verzweigungsebene liegen,
- die Mikrokanäle einem Zusammenflußelement zugeführt werden, wobei der Zufluß in einer Ebene erfolgt, die gegenüber der Verzweigungsebene um 90° verdreht angeordnet ist und

— das Mischelement in der planaren Oberfläche eines Substrates angeordnet ist, wobei die planare Oberfläche des Substrates mit einer Abdeckung hermetisch dicht verschlossen ist.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Anordnung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist zum Vermischen kleinster Flüssigkeitsmengen mit hoher Effizienz geeignet und zeichnet sich durch eine sehr kleine Baugröße aus. Jedes Element verfügt über mindestens zwei Eingangskanäle für die zu vermischenden Flüssigkeiten. Diese Kanäle können in einer vertikalen oder einer horizontalen Ebene angeordnet sein. In Strömungsrichtung treffen diese Kanäle in einem Punkt, dem Zusammenflußelement zusammen. Dieses ist so ausgebildet, daß bei einer horizontalen Lage von n Eingangskanälen von diesem Zusammenfluß n Abgangskanäle in jeweils n unterschiedlichen vertikalen Ebenen abgeben. Liegen die n Eingangskanäle in einer vertikalen Ebene, so gehen n Abgangskanäle von diesem Zusammenfluß in einer horizontalen Ebene aus. Die Abgangskanäle bilden nun wiederum die Eingangskanäle für das folgende Mischelement. Die gesamte Anordnung besteht aus einer Vielzahl, mindestens jedoch aus zwei Zusammenschaltungen dieser Elemente. Eine Vermischung der Flüssigkeiten wird dadurch erreicht, daß beispielsweise zwei in horizontalen Strömungskanälen fließende Flüssigkeiten am Zusammenfluß so aufeinander stoßen, daß sich eine vertikale Grenzschicht zwischen beiden Flüssigkeiten einstellt. Von diesem Zusammenfluß gehen nun zwei Abgangskanäle in zwei vertikal zueinander liegende Ebenen ab. Dies bewirkt eine vertikale Aufteilung des Gesamtstromes. Ein erster Teilstrom fließt in einer ersten Ebene. Der zweite Teilstrom fließt in einer zweiten Ebene. Bevor der nächste Zusammenfluß erreicht wird, werden beide Teilströme wieder in eine Ebene geführt. Am Zusammenfluß bildet sich dadurch ein Flüssigkeitsstrom aus, der über vier Flüssigkeitsschichten mit drei Grenzschichten verfügt. Auch aus diesem Zusammenfluß gehen, wieder vertikal angeordnet, Abgangskanäle aus. Diese münden wiederum in einer Ebene in dem nächsten Zusammenfluß. Die Anzahl der Grenzschichten in der Flüssigkeit beträgt an diesem Zusammenfluß sieben.

Die Abgangskanäle sind jeweils so ausgebildet, daß der Strömungsweg der Flüssigkeiten gleich lang bzw. der Strömungswiderstand gleich groß ist.

Die Herstellung der Elemente erfolgt mit mikrostrukturierbaren Werkstoffen. Sie können hintereinander oder übereinander angeordnet sein. Die Folgeelemente können um einen beliebigen Winkel, vorzugsweise um 90°, gegenüber dem Vorgängerelement verdreht angeordnet sein.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden. In der zugehörigen Zeichnung zeigen:

Fig. 1a die Grundanordnung eines Mischelementes für vertikale Aufteilung und horizontale Übereinanderschichtung der Flüssigkeiten,

Fig. 1b eine Grundanordnung eines Mischelementes für horizontale Aufteilung und vertikale Aneinanderschichtung der Flüssigkeiten,

Fig. 2 die Ansicht eines Mischelementes mit einer Eingangssubstratplatte, einer strukturierten Substratplatte und einer Abdeckplatte;

Fig. 3 die Ansicht eines Mischelementes bestehend aus

zwei strukturierten Substraten,

Fig. 4 die Ansicht eines Mischelementes bestehend aus zwei strukturierten Substraten sowie der seitlichen Anordnung der Ein- und Ausgänge des Mischelementes,

Fig. 5 die Ansicht eines Mischelementes bestehend aus zwei strukturierten Substraten sowie der Anordnung der Ein- und Ausgänge des Mischelementes in der oberen Substratplatte,

Fig. 6 die Ansicht eines Mischelementes bestehend aus drei strukturierten Substratplatten,

Fig. 7 die Ansicht eines Mischelementes bestehend aus allen Strukturen in einem Substrat,

Fig. 8 die Ansicht eines Mischelementes zum Vermischen von mehr als zwei Fluiden bestehend aus zwei strukturierten Substratplatten und seitlich angeordneten Flüssigkeitsein- und Austritten,

Fig. 9 die Ansicht eines Mischelementes zum Vermischen von mehr als zwei Fluiden bestehend aus zwei strukturierten Substratplatten und Flüssigkeitsein- und Austritten, die im oberen Substrat angeordnet sind,

Fig. 10 die Draufsicht einer möglichen Hintereinanderschaltung mehrerer Mischelemente einer Anordnung mit drei Substraten, und

Fig. 11 die Schnittdarstellung der Anordnung 10.

In Fig. 1a ist die Grundanordnung eines Mischelementes schematische dargestellt. Bei diesem Mischelement wird die zu homogenisierende Flüssigkeit durch einen Mikrokanal am Eingang 1 in das Mischelement eingeleitet. Dieser Mikrokanal besitzt eine Verzweigung 2, von dem die Mikrokanäle 3 und 4 ausgehen. Die Verzweigung 2 bewirkt eine Aufteilung der Flüssigkeit entlang einer gedachten vertikalen Linie. Die Mischelemente können mehrfach hintereinander angeordnet werden. Für Mischelemente, die am Anfang angeordnet sind, erfolgt der Zulauf der zu vermischenden Flüssigkeiten durch die Querschnittsflächen 1.1 und 1.2. Der Eingang 1, die Querschnittsflächen 1.1 und 1.2, die Verzweigung 2 und die Mikrokanäle 3, 4 befinden sich in einer horizontalen Ebene. Die nachfolgenden Mikrokanäle sind so angeordnet, daß Mikrokanal 6 diese Ebene verläßt. Der Mikrokanal 5 verbleibt in der horizontalen Ebene. Die Mikrokanäle 5 und 6 sind so angeordnet, daß sie in einem Zusammenflußelement 7 wieder zusammen treffen, wobei sich die beiden Mikrokanäle 5 und 6 in unterschiedlichen Ebenen befinden. Dadurch erfolgt am Zusammenflußelement 7 entlang einer gedachten horizontalen Linie die Überinanderschichtung der aus den Mikrokanälen 5 und 6 strömenden Flüssigkeiten. Nachdem die Flüssigkeiten das Zusammenflußelement 7 passiert haben, gelangen sie in einen weiteren Mikrokanal 8. Dieser Mikrokanal 8 bildet in seiner Form einen erneuten Eingang für ein folgendes Mischelement oder führt im Fall des letzten Mischelementes zum Ausgang des Mikromischers.

In Fig. 1b ist die schematische Grundanordnung eines Mischelementes dargestellt, bei dem die zu homogenisierende Flüssigkeit durch einen Mikrokanal am Eingang 1 in das Mischelement eingeleitet wird. Dieser Mikrokanal mündet in der Verzweigung 2, von der die Mikrokanäle 3 und 4 ausgehen. In der Verzweigung 2 erfolgt eine Aufteilung der Flüssigkeit entlang einer gedachten horizontalen Linie. Für Mischelemente, die am Anfang angeordnet sind, erfolgt der Zulauf der unterschiedlichen Flüssigkeiten durch die Querschnittsflächen 1.1 und 1.2. Der Eingang 1, die Querschnittsflächen 1.1 und 1.2 und die Mikrokanäle 3 und 4 befinden sich bei diesem Mischelement in zwei horizontalen Ebenen. Die Verzweigung 2 verbindet durch einen ausgebildeten

Durchbruch die beiden horizontalen Ebenen. Im weiteren Verlauf der Mikrokanäle verläßt einer der Mikrokanäle 6 die horizontale Ebene, während der Mikrokanal 5 dort verbleibt. Die Mischkanäle 5 und 6 sind so angeordnet, daß sie im Zusammenflußelement 7 wieder zusammen treffen. Da aber beide Mikrokanäle 5 und 6 in gleichen horizontalen Ebenen liegen, erfolgt am Zusammenflußelement 7 entlang einer gedachten vertikalen Linie die Aneinanderschichtung der aus den Mikrokanälen 5 und 6 strömenden Flüssigkeiten. Nach dem Zusammenflußelement 7 ist ein weiterer Mikrokanal 8 angeordnet. Dieser Mikrokanal bildet in seiner Form einen erneuten Eingang für ein folgendes Mischelement oder führt im Fall des letzten Mischelementes zum Ausgang des Mikromischers.

In Fig. 2 ist ein Mischelement dargestellt, das sich in einem ebenen Substrat 10 befindet. Auf der Oberseite des Substrates 10 ist ein weiteres Substrat 11 angeordnet. Das Substrat 11 enthält die Eingänge 12 und 13 in das Mischelement sowie den Ausgang 14 aus dem Mischer. Im Substrat 10 kann eine beliebige Anzahl von Mischelementen angeordnet sein. Die Lage der Eingänge 12 und 13 und des Ausgangs 14 bezüglich der Lage der Mischelemente sind durch Pfeile 15a, 15b und 15c dargestellt. Dabei sind beim ersten Mischelement eines Mikromischers die Eingänge 12 und 13 auf dem Substrat 11 so positioniert, daß sie direkt mit den Mikrokanälen 16 und 17 des Substrates 10 in Verbindung stehen. Die Substrate 10 und 11 stehen miteinander in einer hermetisch dichten Verbindung. Die Mikrokanäle 16 und 17 sind im Substrat 10 nebeneinander angeordnet. Die durch die Mikrokanäle 16 und 17 geführten Flüssigkeiten werden im Mikrokanal 18 übereinandergeführt. Die aus den beiden Mikrokanälen 16 und 18 kommenden Flüssigkeitsströme treffen an der Verbindung 19 wieder zusammen, wobei an diesem Verbindungspunkt der Flüssigkeitsstrom aus Mikrokanal 16 in einer anderen horizontalen Ebene liegt als der Flüssigkeitsstrom aus Mikrokanal 18. Von der Verbindung 19 ausgehend setzt sich der Flüssigkeitsstrom aus Mikrokanal 18a in der zweiten Ebene des Substrates 10 fort bis zur Verzweigung 20. Von der Verzweigung 20 gehen erneut zwei Mikrokanäle 21 und 22 aus, so daß der vom Mikrokanal 22 ausgehende Flüssigkeitsstrom in der zweiten horizontalen Ebene des Substrates 10 verbleibt während der zweite aus Mikrokanal 21 ausgehende Flüssigkeitsstrom diese horizontale Ebene verläßt und in einen Mikrokanal 23 in der ersten horizontalen Ebene des Substrates 10 mündet. Die beiden Flüssigkeitsströme aus den Mikrokanälen 22 und 23, die sich in unterschiedlichen horizontalen Ebenen des Substrates 10 befinden, treffen an der Verbindung 24 wieder zusammen, wobei an dieser Verbindung 24 der aus Kanal 22 kommende Flüssigkeitsstrom in einer anderen horizontalen Ebene liegt als der aus Kanal 23. Von der Verbindung 24 ausgehend setzt sich der Mikrokanal 23a in der ersten Ebene des Substrates 10 fort bis zur Verzweigung 25. An dieser Verzweigung 25 werden erneut zwei Flüssigkeitsströme von den Mikrokanälen 16a, 17a ausgebildet. Die Mikrokanäle 16a und 17a stellen die Eingangskanäle für ein weiteres Mischelement dar. Im Fall des letzten Mischelementes ist im Substrat 11 ein Durchbruch so angeordnet, daß er unmittelbar mit dem Kanal 23a im Substrat 10 in Verbindung steht. Das gesamte Substrat 10 auf dem sich die Strukturen aller Mischelement befinden ist an der Unterseite mit einem weiteren Substrat 26 hermetisch dicht verschlossen.

Eine weitere Ausführungsform für ein Mischelement

Substrate 30 und 31 realisiert, die miteinander hermetisch dicht verbunden sind. In der Oberseite des Substrates 31, das eine horizontale Ebene darstellt, sind Mikrokanäle 32, 33 und 34 angebracht. Jeder dieser Kanäle ist von den anderen Kanälen 32, 33 und 34 im Substrat 31 isoliert. In der Unterseite des Substrates 30, das eine weitere horizontale Ebene darstellt, ist ebenfalls eine Mikrokanalstruktur eingebracht, die verschiedene Abschnitte aufweist. Im ersten Abschnitt 35 ist der Mikrokanal gerade ausgeformt. An diesem Abschnitt schließt sich eine Verzweigung 36 an. Von dieser Verzweigung 36 ausgehend werden zwei neue Mikrokanäle 37 und 38 gebildet. Die Zuordnung der Mikrokanäle des Substrates 30 zum zweiten Substrat 31 erfolgt dabei so, daß die Enden der Mikrokanäle 32, 33 unmittelbar mit dem Kanal 35 in Berührung kommen. Weiterhin sind die Enden der Mikrokanäle 37, 38 so angeordnet, daß eine Überdeckung mit dem Mikrokanal 34 des zweiten Substrates 31 möglich ist.

In der Unterseite des Substrates 30 befindet sich ein Mikrokanal 39, der die Enden der Kanäle 32 und 33 in dem Substrat 31 überdeckt. Dieser Mikrokanal 39 weist eine Eintrittsfläche 40 für die zu vermischenden Flüssigkeiten auf. Der Ausgang des Mischelementes wird durch den Mikrokanal 41 mit der Austrittsfläche 42 gebildet.

Eine zweckmäßige Anordnung der Flüssigkeitseintritte und der Flüssigkeitsaustritte ist in Fig. 4 gezeigt. In dem ersten Substrat 30 befinden sich die Mikrokanäle 47 und 48, die die Mikrokanäle 53 und 54 im zweiten Substrat 31 in ihrer Breite vollständig überdecken und deren Enden die Mikrokanäle 32 und 33 des Substrates 31 ebenfalls überdecken. Gemeinsam mit den Mikrokanälen 47 und 48 des ersten Substrates 30 bilden die Mikrokanäle 53 und 54 des zweiten Substrates 30 Eintrittsflächen 45 und 46 für die zu vermischenden Flüssigkeiten. Der Flüssigkeitsaustritt wird durch die Überdeckung des Mikrokanals 49 im ersten Substrat 30 und des Mikrokanals 55 im zweiten Substrat 31 gebildet. Durch diese Überdeckung beider Mikrokanäle 49 und 55 entsteht eine gemeinsame Austrittsfläche. Nicht bildlich dargestellt ist, daß zur fluidischen Kontaktierung durch die Eintrittsflächen 45 und 46 und die Austrittsflächen 50 auch Kapillarröhrchen geschoben werden können, die an ihrem Umfang gegenüber den Substraten 30 und 31 abgedichtet sind.

Eine weitere Möglichkeit der äußeren fluidischen Kontaktierung der Mikromischelemente ist in Fig. 5 dargestellt. Das Substrat 30 besitzt ausgeformte Durchbrüche 56, die die Enden der Mikrokanäle 32 und 33 im Substrat 31 überdecken. Diese Durchbrüche sind so ausgebildet, daß ein Zulauf der zu vermischenden Flüssigkeiten in das Mischelement möglich wird. Der Ausgang des Mischelementes wird ebenfalls von einem Durchbruch 57 im Substrat 30 gebildet. Dieser Durchbruch 57 ist dabei so angeordnet, daß er das Ende des Mikrokanals 34 im Substrat 31 überdeckt. Bildlich nicht dargestellt ist, daß auf der Oberfläche des Substrates 30 Rohre angeordnet sind, deren Eintrittsquerschnitt parallel zur Substratoberfläche angeordnet ist.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 6 ist ein Mischelement gezeigt, das aus insgesamt drei Substraten aufgebaut ist. In einem ersten Substrat 60 befinden sich die Zulaufkanäle 63 und 64. Die Enden dieser Zulaufkanäle sind in Flußrichtung zu zwei Mikrokanalabschnitten 67 und 69 im zweiten Substrat 61 so angeordnet, daß es zu einer Überdeckung kommt. Die Mikrokanalabschnitte 67 und 69 münden in einem Zu-

wird an seiner Oberseite vom Mikrokanal 65 des Substrates 60 und an seiner Unterseite vom Mikrokanal 66 des dritten Substrates 62 überdeckt. Die Mikrokanäle 65 und 66 sind so geformt, daß sie sich in Flußrichtung gesehen, mit den Mikrokanalabschnitten 70 und 71 im zweiten Substrat 61 überdecken. Die Mikrokanalabschnitte 70 und 71 münden in einem Zusammenflußelement 72. Von diesem Punkt geht ein erneuter Mikrokanal 73 aus, der das Mischelement mit weiteren Mischelementen verbindet.

In Fig. 7 ist ein Mischelement gezeigt, bei dem sich alle Strukturen auf ein m Substrat 75 befinden. In der oberen Ebene des Substrates 75 ist der Eingangskanal 77 für eine Flüssigkeit angeordnet. In der unteren Ebene des gleichen Substrates 75 befindet sich der Eingangskanal 76 für eine zweite Flüssigkeit. Beide Mikrokanäle münden in einem Zusammenflußelement 78, das so ausgeführt ist, das in der unteren Ebene des Substrates zwei neue Mikrokanäle 79 und 80 entspringen. Das Zusammenflußelement 78 ist dabei so gestaltet, daß er die obere und die untere Ebene des Substrates 75 miteinander verbindet. Einer der Mikrokanäle 80 verbleibt in seinem weiteren Verlauf in der unteren Ebene des Substrates 75. Der zweite Mikrokanal 79 mündet in einem Durchbruch 81 zwischen der oberen und der unteren Ebene des Substrates 75. Von diesem Durchbruch 81 geht ein erneuter Mikrokanal 82 in der oberen Ebene des Substrates 75 aus, der schließlich wieder in einem Zusammenflußelement 83 mündet, welches ähnlich dem Zusammenflußelement 78 gestaltet ist. Von diesem Zusammenflußelement 83 gehen erneut zwei Mikrokanäle 80 und 81 in der oberen Ebene des Substrates aus. Die gestrichelte Linie kennzeichnet dabei das Ende eines Mischelementes und den Übergang zu einem neuen Mischelement. Zum Betreiben der Mischelemente können die Eingänge 76 und 77 genutzt werden. In diesem Fall werden die Ausgänge durch die Kanäle 80 und 81 gebildet. Ebenso ist es möglich, die Kanäle 80 und 81 als Eingänge des Mischelementes auszubilden. In diesem Fall wird der Ausgang des Mischelementes durch die Kanäle 76 und 77 gebildet.

Fig. 8 zeigt ein Mischelement, daß sich zum Mischen von mehr als zwei verschiedenen Flüssigkeiten eignet. Zum Flüssigkeitseintritt sind die Mikrokanäle 85, 86, 87 und 88 ausgebildet. Diese Kanäle sind so miteinander verbunden, daß im Mikrokanal 89 eine Übereinschichtung der einzelnen Flüssigkeiten erzwungen wird. Am Verzweigungspunkt 90 erfolgt eine Aufteilung des Mikrokanals in die gleiche Anzahl von Mikrokanälen 92 wie sie am Flüssigkeitseintritt ausgebildet sind. Die Mikrokanäle 92 sind durch den Mikrokanal 91 an ihren Enden miteinander verbunden. Der Austritt wird durch den Mikrokanal 93 gebildet.

Fig. 9 zeigt eine weitere Möglichkeit zum Mischen von mehr als zwei verschiedenen Flüssigkeiten. Die Flüssigkeitseintritte 93 sind mit den Mikrokanälen 94, 95 und 96 in der zweiten Ebene des Mischelementes verbunden. Die Mikrokanäle 94, 95 und 96 münden an ihren Enden in den Kanal 97 in der ersten Ebene des Mischelementes ein. An dessen einem Ende befindet sich ein Verzweigungspunkt 98 von dem aus mindestens zwei, hier die Mikrokanäle 99 und 100 in der zweiten Ebene des Mischelementes. An einem Ende des Mikrokanals 101 ist ein Austritt 102 aus dem Mischelement angeordnet.

In Fig. 10 ist die Draufsicht einer Zusammenschaltung mehrerer Mischelemente gezeigt. Das obere Sub-

strat wurde der Anschaulichkeit halber nicht dargestellt. Die ausgezogenen Linien 103 zeigen die Struktur der Mikrokanäle in der ersten Ebene. Die Struktur der zweiten Ebene ist durch gestrichelte Linien 104 wiedergegeben. An den Überdeckungsstellen 105 der Strukturen beider Ebenen befinden sich Durchbrüche zwischen den Ebenen.

Fig. 11 zeigt eine Schnittdarstellung von Fig. 10, wobei das Abdecksubstrat 106 mit den Eintrittsöffnungen 107 und einer Austrittsöffnung 108 dargestellt sind. Die Kanalstrukturen 109 und die Durchbrüche 110 im Substrat 111 sind deutlich erkennbar. Die Unterseite des strukturierten Substrates 111 ist mit einem weiteren Substrat 112 abgedeckt.

Bezugszeichenliste

1 Eingang	
1.1, 1.2 Querschnittsflächen	
2 Verzweigung	
3, 4 Mikrokanäle	20
5, 6 Mikrokanäle	
7 Zusammenflußelement	
8 Mikrokanal	
10, 11 Substrate	25
12, 13 Eingänge	
14 Ausgang	
15a, b, c Pfeile	
16, 17, 18 Mikrokanäle	
18a Mikrokanal	30
19 Verbindung	
20 Verzweigung	
21, 22, 23 Mikrokanäle	
24 Verbindung	
25 Verzweigung	35
26 Substrat	
30, 31 Substrat	
32, 33, 34 Mikrokanäle	
35 erster Abschnitt des Mikrokanals	
36 Verzweigung	40
37, 38, 39 Mikrokanäle	
40 Eintrittsfläche	
41 Mikrokanal	
42 Austrittsfläche	
45, 46 Eintrittsflächen	45
47, 48 Mikrokanäle	
49 Überdeckung	
50 Austrittsfläche	
53, 54 Mikrokanäle	
55 Mikrokanal	50

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Mischen von Flüssigkeiten bei der das Mischen beim Durchströmen der zu vermischenden Flüssigkeiten durch enge Kanäle erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß

- die Vorrichtung aus mindestens einem Mischelement besteht, das mindestens einen Einlaßkanal und mindestens einen Auslaßkanal aufweist,
- von dem Einlaßkanal mindestens zwei Mikrokanäle ausgehen, wobei alle abgehenden Kanäle in einer Verzweigungsebene liegen,
- die Mikrokanäle einem Zusammenflußelement zugeführt werden, wobei der Zufluß in einer Ebene erfolgt, die gegenüber der Verzweigungsebene um 90° verdreht angeordnet

ist und

— das Mischelement in der planaren Oberfläche eines Substrates angeordnet ist, wobei die planare Oberfläche des Substrates mit einer Abdeckung hermetisch dicht verschlossen ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abflußkanäle in einer zur Ebene der Eingangskanäle parallelen Ebene verlaufen und über Durchbrüche zwischen den Ebenen in die Ebene der Eingangskanäle zurückgeführt werden.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß an den Zusammenflußelementen Durchbrüche zu einer nächsten Ebene ausgehen, die durch einen Verbindungskanal gebildet werden, der sich in dieser Ebene befindet, und daß von diesen Durchbrüchen neue Mischkanäle ausgehen.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die von einem Zusammenflußelement ausgehenden Abflußkanäle gleichen Strömungswiderstand aufweisen.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Anzahl von Mischelementen in einer Ebene nacheinander angeordnet sind, wobei jeweils das folgende Mischelement gegenüber dem vorhergehendem Mischelement verdreht angeordnet ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das folgende Mischelement gegenüber dem vorhergehendem Mischelement um 90° verdreht angeordnet ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Abdeckung aus Silizium oder aus Glas besteht.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Mikrokanäle jeder Ebene aufgetrennten Substraten befinden.

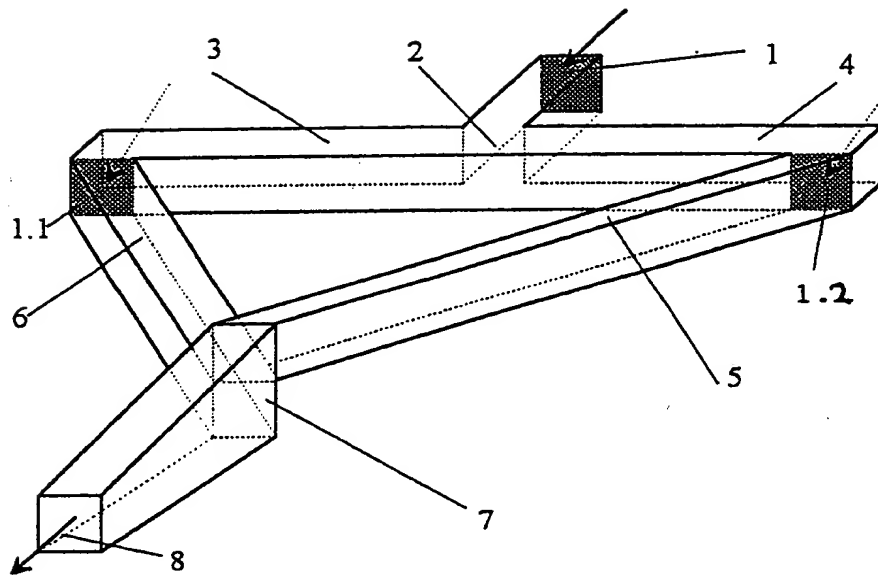
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß sich zwischen den Substraten eine Zwischenlage befindet, die Durchbrüche zur Verbindung zwischen den einzelnen Ebenen aufweist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Substratmaterial einkristallines Silizium oder strukturierbares Glas ist, welches mit Hilfe von Mikrotechnologien strukturiert ist.

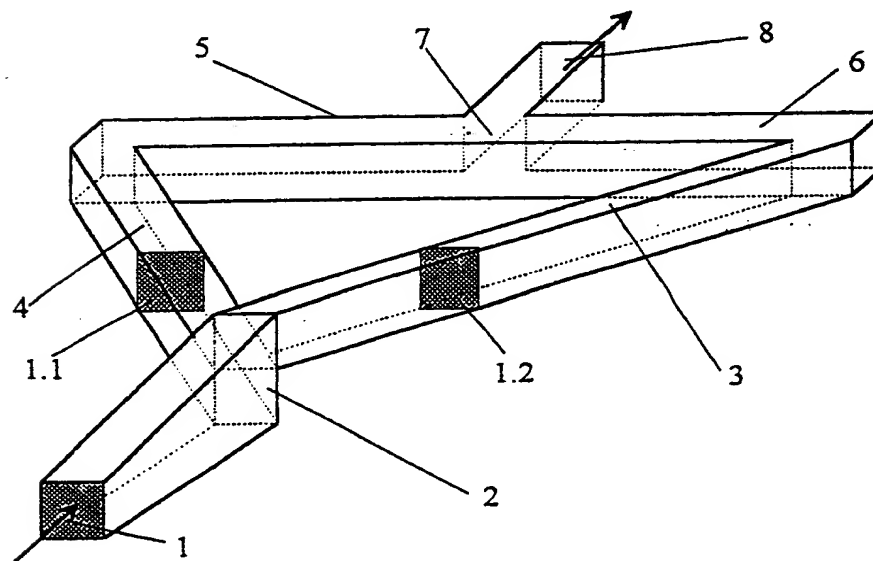
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrokanäle und die Durchbrüche mit Hilfe mikrotechnische Strukturierungsverfahren, wie chemische Ätzprozesse, Laserstrukturierungsverfahren, Fotoformprozesse, Sandstrahlen, und dergleichen hergestellt werden.

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

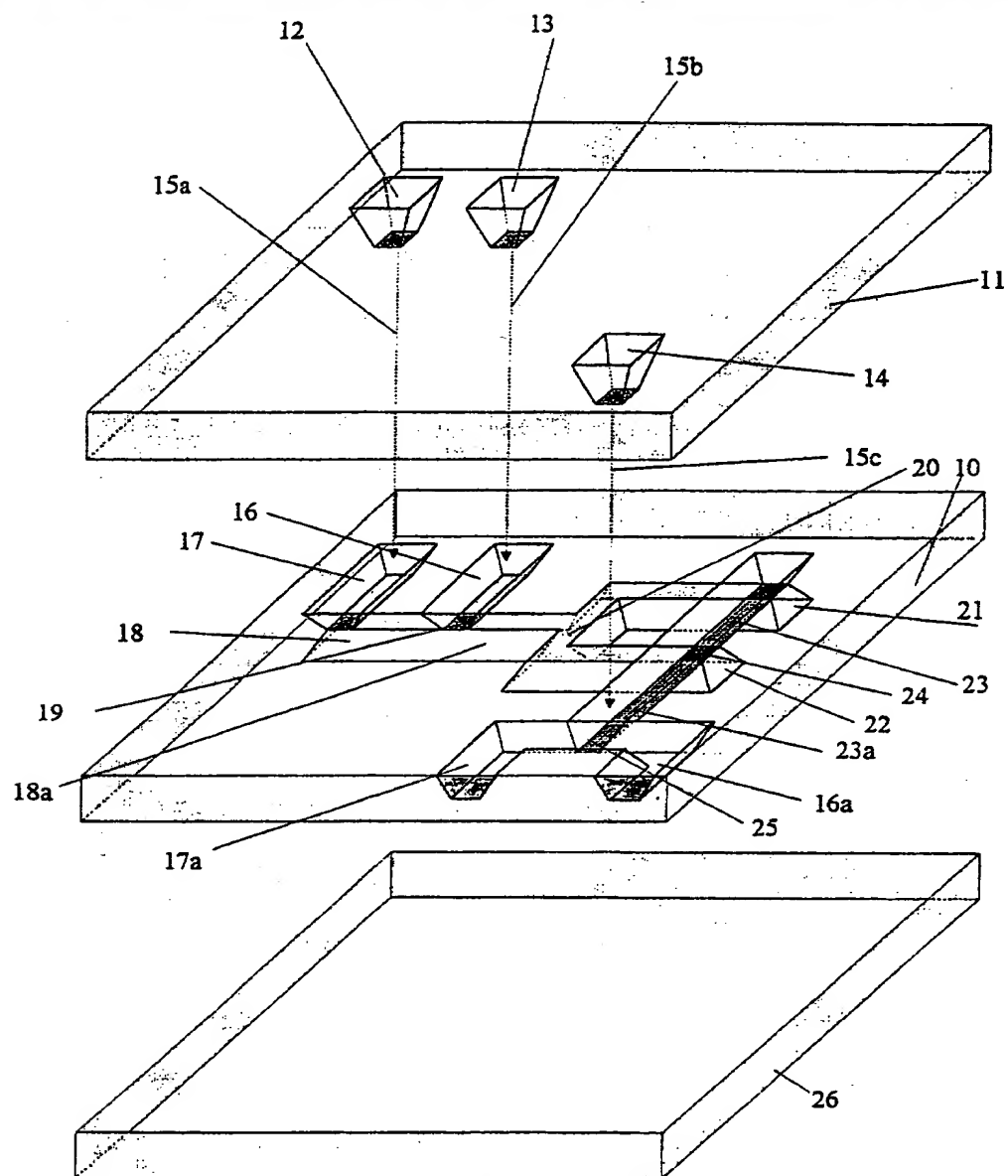
- Leerseite -



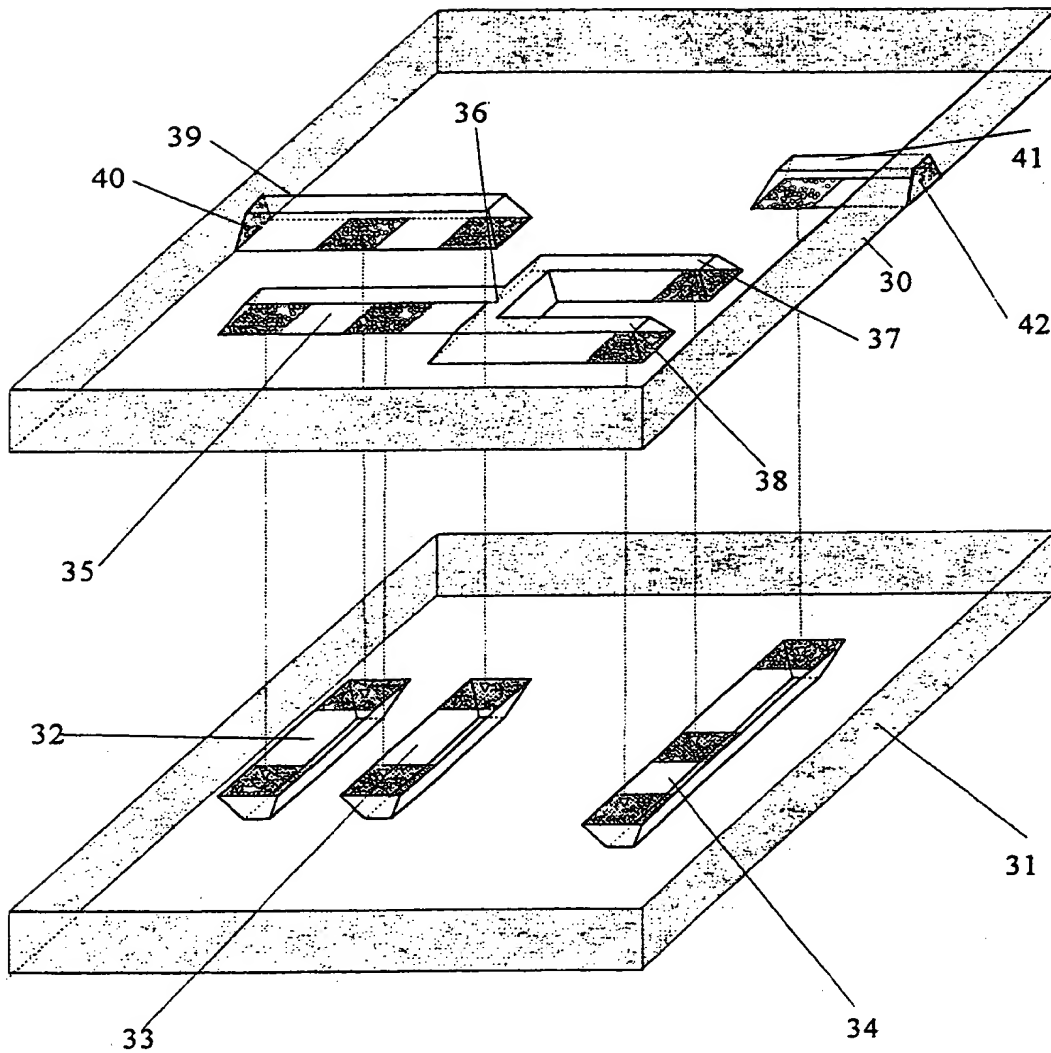
Figur 1a



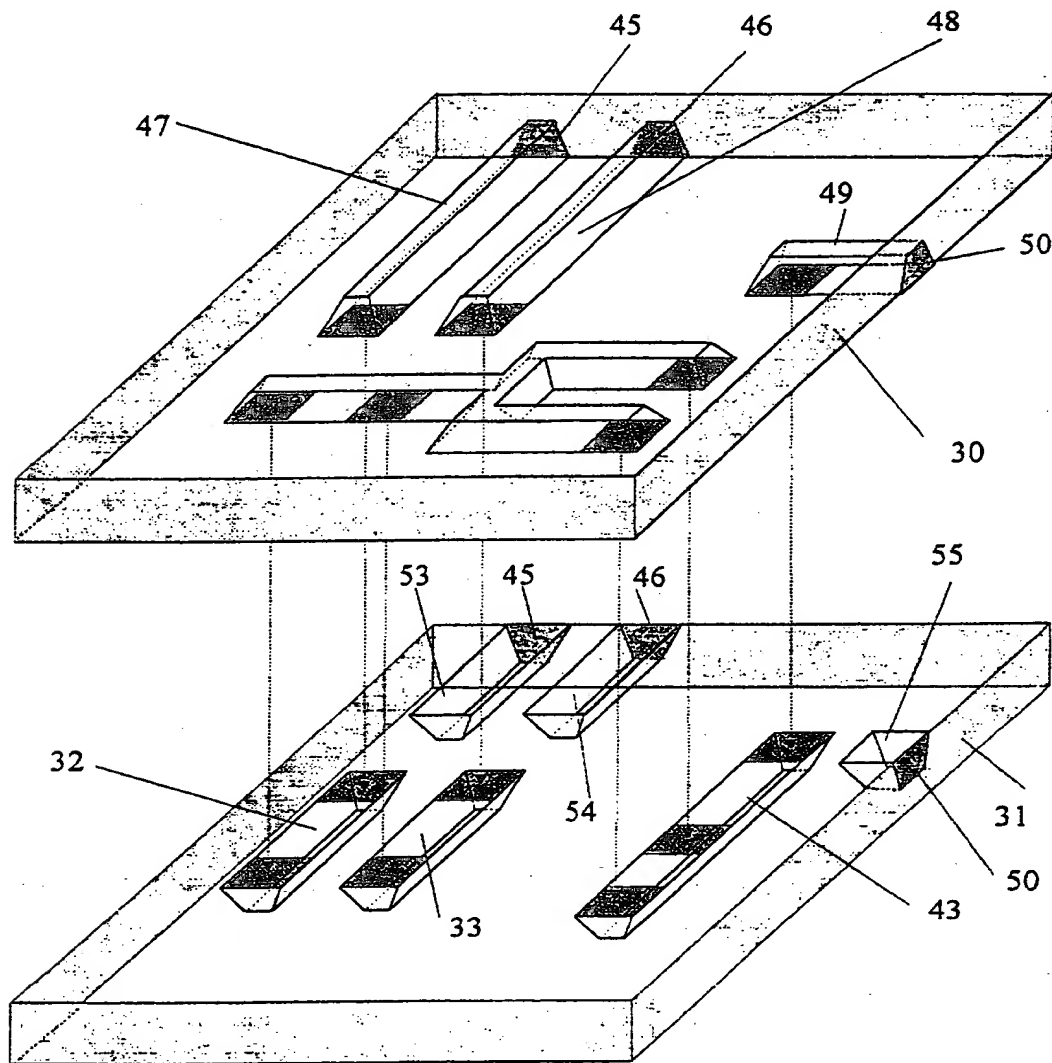
Figur 1b



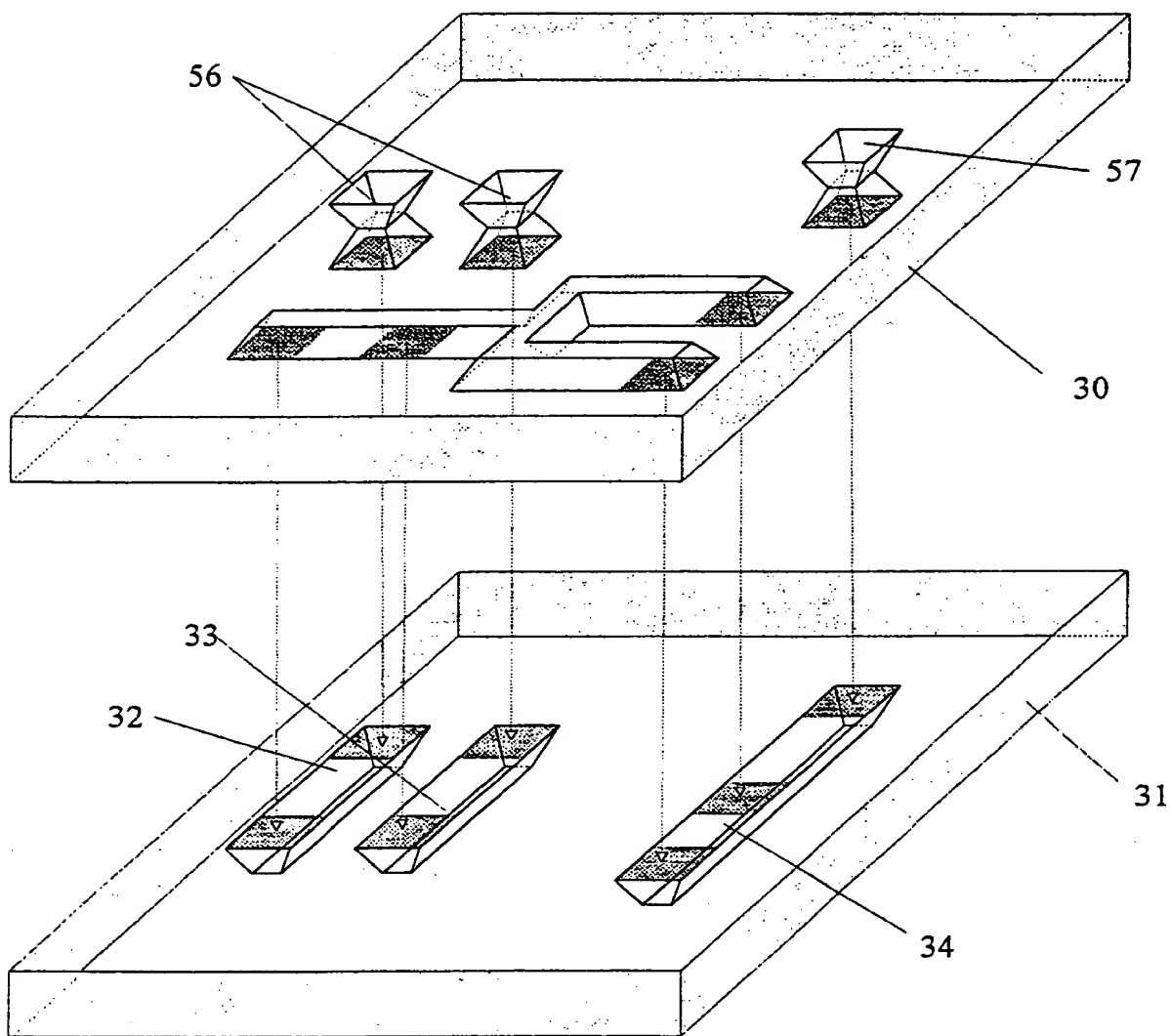
Figur 2



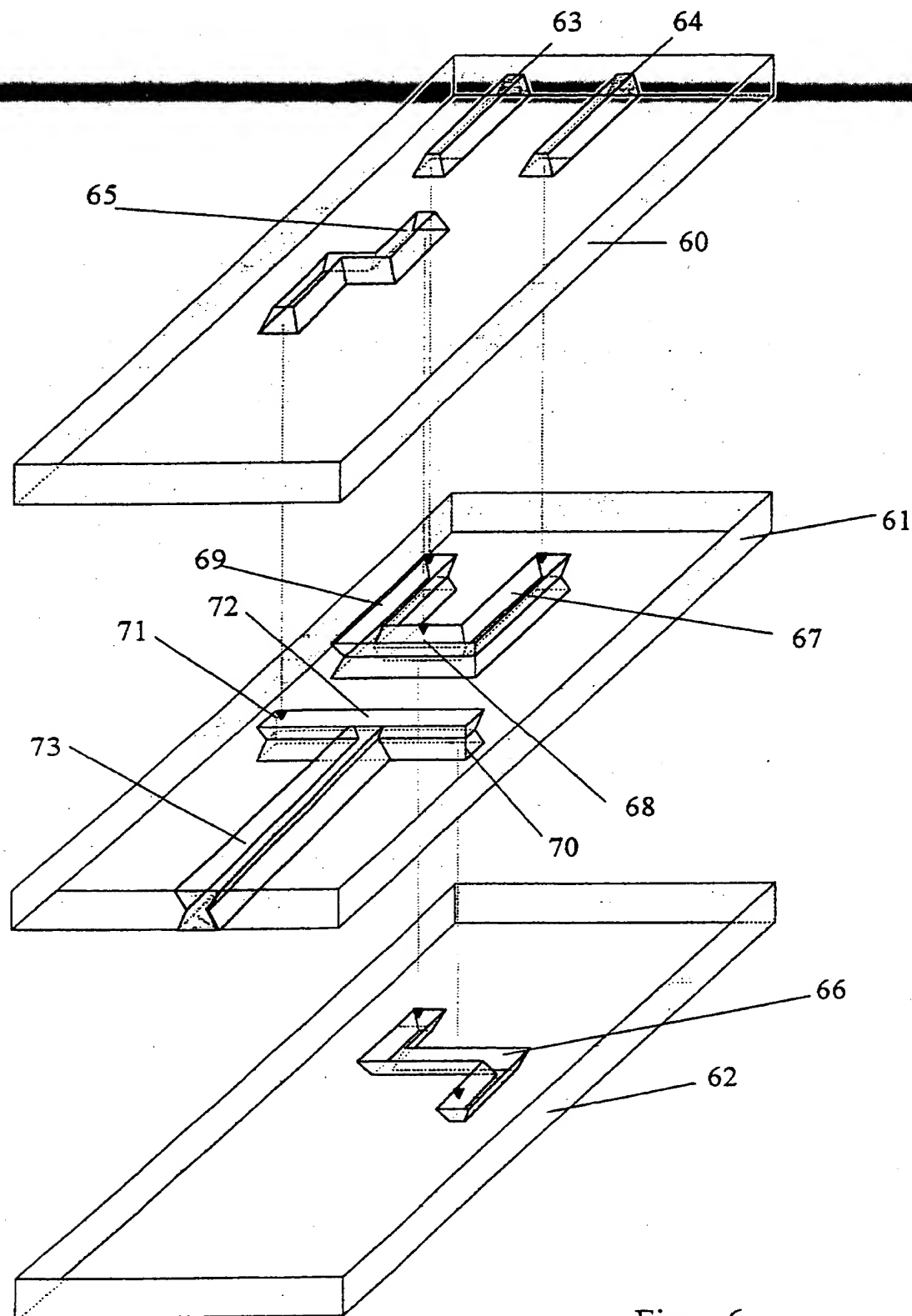
Figur 3



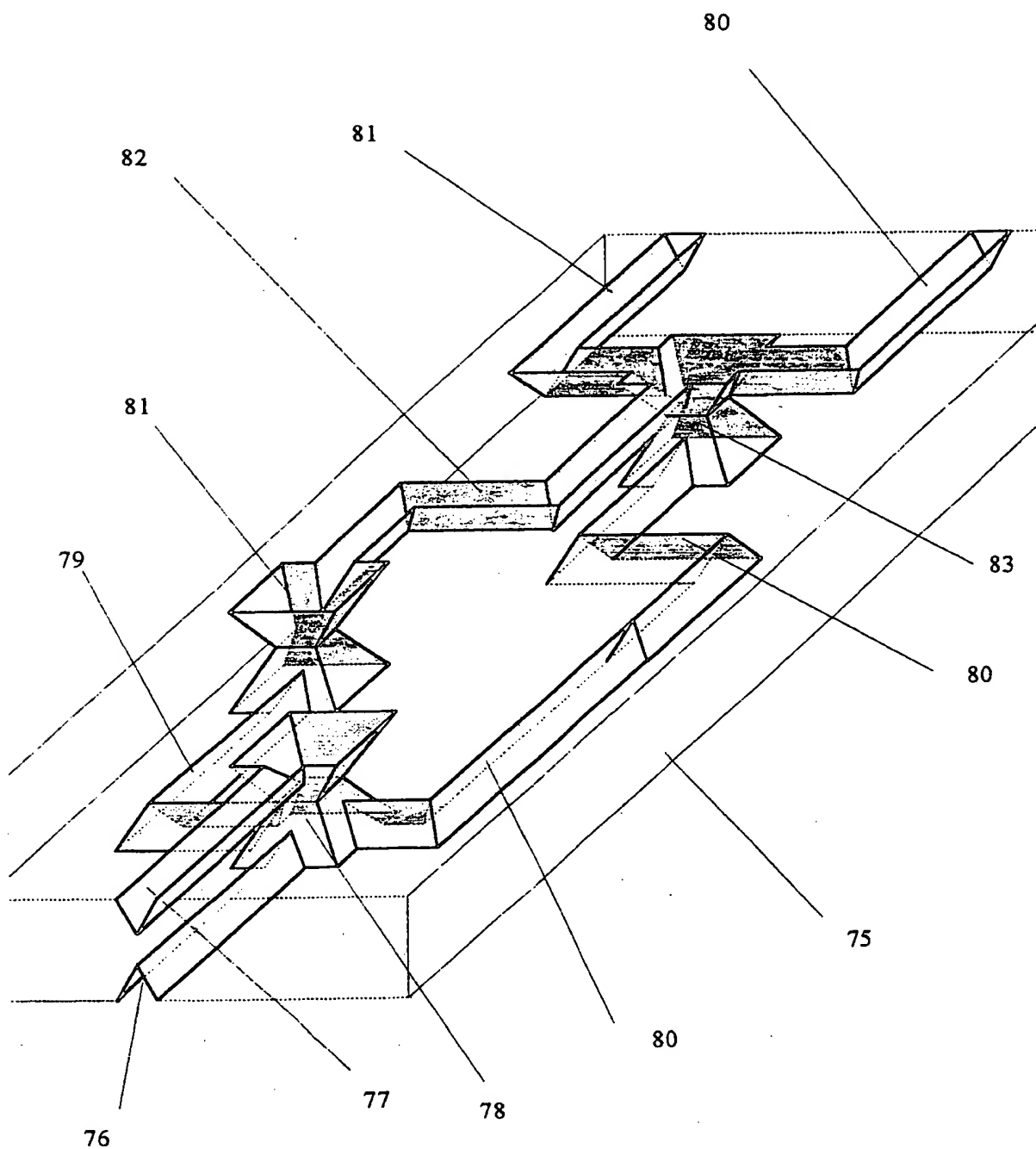
Figur 4



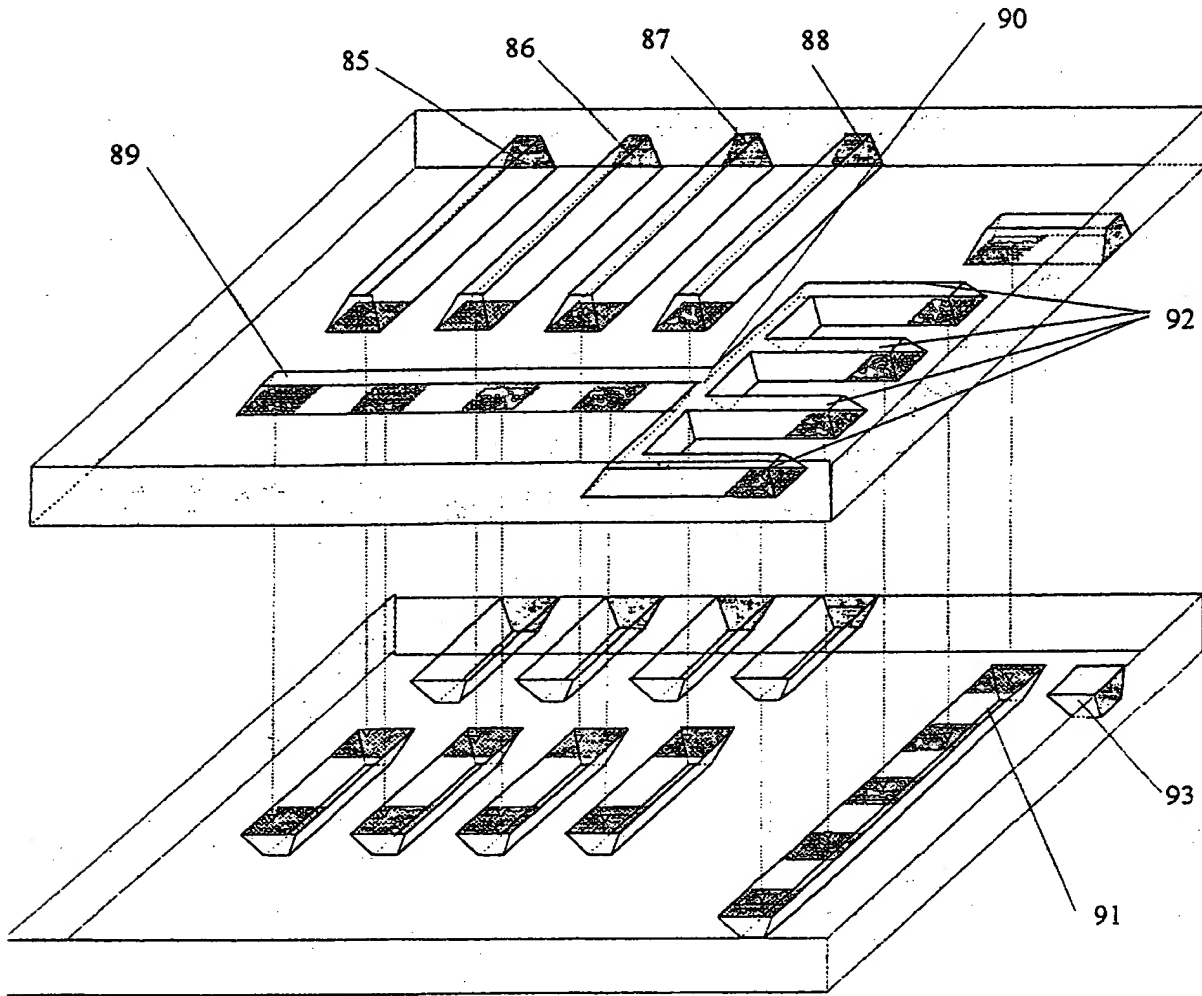
Figur 5



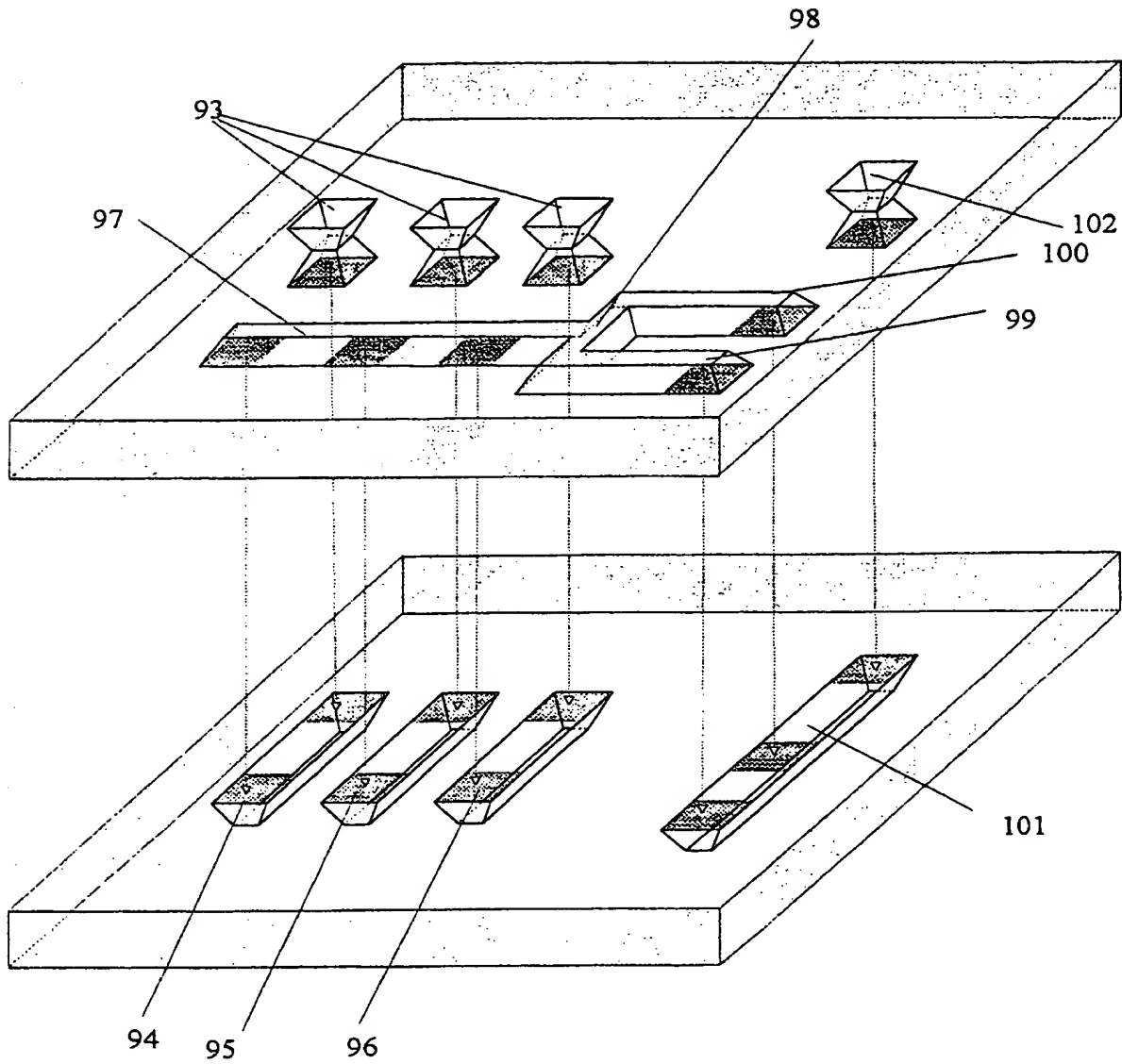
Figur 6



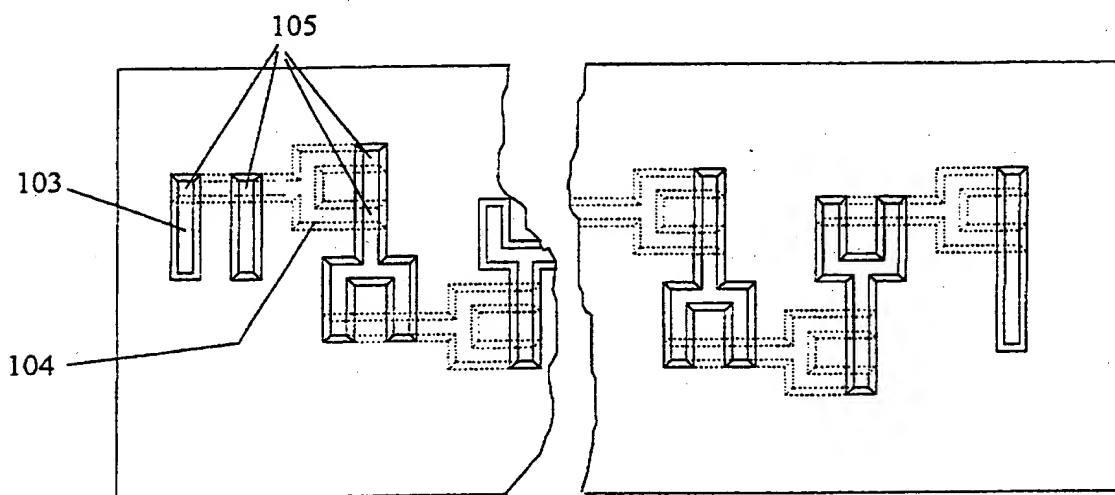
Figur 7



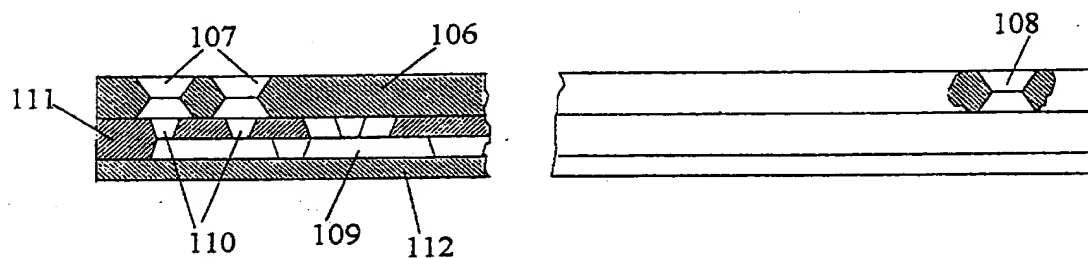
Figur 8



Figur 9



Figur 10



Figur 11